



TITLE:

# 選好と行動選択の乖離を考慮した 社会規範の進化ゲーム理論的分析 (第6回生物数学の理論とその応用)

AUTHOR(S):

関口, 卓也; 中丸, 麻由子

---

CITATION:

関口, 卓也 ...[et al]. 選好と行動選択の乖離を考慮した社会規範の進化ゲーム理論的分析 (第6回生物数学の理論とその応用). 数理解析研究所講究録 2010, 1704: 133-137

ISSUE DATE:

2010-08

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/170039>

RIGHT:

## 選好と行動選択の乖離を考慮した社会規範の進化ゲーム理論的分析

関口 卓也・中丸 麻由子  
東京工業大学大学院社会理工学研究科

Takuya Sekiguchi & Mayuko Nakamaru  
Department of Value and Decision Science, Tokyo Institute of Technology

### 1. はじめに

社会規範の研究をするにあたり、個人の選好と行動の関係に注目することは大きな意義を持つ。行動は、社会規範が想定する役割期待に沿うことが要求される。一方、選好は、そのようにして表出された行動とは必ずしも一致するとは限らない。このような乖離は、社会規範の持つ拘束性を示唆しており、社会学的に無視できない事態である。なぜならば、行動の斉一性という次元のみで社会規範を捉えてしまうと、ある行動が成員の選好と一致しているためにその行動パターンが変容する動機が生まれない場合と、ある行動が成員の選好と一致しないにも拘わらずその行動パターンが何らかの原因で固定化してしまっている場合との2つの状態を区別することができず、社会的厚生に対し適切な考察を付与することができなくなるからである。

### 2. 目的

実証研究の結果、個人の選好(あるいは、価値観や態度)と実際の行動の乖離が生じている状態が明らかになることはしばしばある。とはいえ、実証研究のみでどのようにしてそのような乖離が生じたのかを分析することは困難であり、理論研究との相互補完をしていく必要があるだろう。本稿の目的は、どのようなメカニズムで選好と行動の乖離が生じるのかを進化ゲーム理論の枠組みを用いて分析することにある。進化ゲーム理論は、社会に占める特定の行動や態度の頻度が個人の社会的相互作用の結果として時間変化する様子を追うことができるため、社会変動のダイナミクスを記述することに適している。

### 3. モデル

本研究では、個人が選好と行動という2つの要素を持ち、それらが垂直伝達(親から子への文化伝達)、斜行伝達(親以外の親世代の人から子への文化伝達)、水平伝達(同世

代内での文化伝達) という 3 つの文化伝達 (Cavalli-Sforza and Feldman 1981) によって影響を受け得ると仮定した進化ゲーム理論的モデルを構築した。

### 3.1 垂直伝達

選好と行動の組を戦略と呼ぶことにし、選好  $i$  と行動  $j$  を持つプレイヤーの戦略を  $i-j$  と表記する。プレイヤーは、成人、新生児、子、という 3 つの世代に属す。成人は、他の成人と調整ゲームを行う。利得は、以下のようにプレイヤーのとり行動の組み合わせによって決定される。

$$U_{ij}(t) = m_{ij} \sum_h a_{jh} v_h(t) \quad (1)$$

where

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 < m_{ij} < 1 & i \neq j \end{cases}$$

ここで、 $a_{jh}$  は、行動  $j$  をとるプレイヤーと  $h$  をとるプレイヤーがゲームをした際にゲームから得られる利得であり、 $v_h(t)$  は、第  $t$  世代において行動  $h$  をとる成人プレイヤーが集団中に占める頻度である。ただし、行動と選好が乖離しているプレイヤーの利得は  $m_{ij}$  によって割り引かれると仮定する。これは、プレイヤーは、選好と一致した行動をとりたがるはずだという仮定に基づくものである。式(1)のようにして得られた正味の利得  $U_{ij}$  に比例して新生児の選好と行動の組の頻度  $y_{ij}$  が決定される。これを垂直伝達と呼び、これは次の式(2)によって定式化される。

$$y_{ij}(t) = \frac{x_{ij}(t-1)U_{ij}(t-1)}{\sum_{h,k} x_{kh}(t-1)U_{kh}(t-1)} \quad (2)$$

ここで、 $x_{ij}(t)$  は、第  $t$  世代における戦略  $i-j$  の集団に占める頻度を示す。なお、 $m_{ij}$  の効果により、垂直伝達のみが起こる場合では、選好と行動が乖離した戦略が集団全体を占めることはないことに留意されたい。

### 3.2 斜行伝達

次に、新生児は子に成長する過程で成人からの文化伝達を受ける。本研究では、新生児世代のプレイヤーが子に成長する際に親世代のプレイヤーの行動に影響を受け、行動を変化させる斜行伝達を想定する(この伝達様式を Ob-BB と呼ぶ)。これは式(3)のように定式化

される。

$$z_{ij}(t) = y_{ij}(t) + \sum_h \phi_{ih \rightarrow ij} v_i(t-1) y_{ih}(t) - \sum_k \phi_{ij \rightarrow ik} v_k(t-1) y_{ij}(t) \quad (3)$$

ここで、 $z_{ij}(t)$ は、第 $t$ 世代における子プレイヤーの戦略 $i$ - $j$ の頻度であり、 $\phi_{ab \rightarrow cd}$ は、戦略 $a$ - $b$ のプレイヤーが、斜行伝達によって戦略 $c$ - $d$ に変化する確率を示している。第 $t-1$ 世代と第 $t$ 世代のプレイヤーが相互作用していることに注意されたい。

### 3.3 水平伝達

また、子は、成人に成長する過程で同世代の子から影響を受ける。これを水平伝達と呼ぶ。本研究では、水平伝達を4種類に分けた。他人の行動を見て自分の行動を変更する場合(Ho-BB)、他人の選好を知って自分の選好が変わる場合(Ho-AA)、他人の選好を知って自分の行動が変わる場合(Ho-AB)、他人の行動を見て自分の選好が変わる場合(Ho-BA)の4つである。式(4)はHo-BBを定式化したものだが、他の3つの文化伝達についても同様に定式化した。

$$x_{ij}(t) = z_{ij}(t) + \sum_h f_{ih \rightarrow ij} u_j(t) z_{ih}(t) - \sum_k f_{ij \rightarrow ik} u_k(t) z_{ij}(t) \quad (4)$$

ここで、 $f_{ab \rightarrow cd}$ は、戦略 $a$ - $b$ のプレイヤーが、斜行伝達によって戦略 $c$ - $d$ に変化する確率を示している。 $u_i(t)$ は、子世代における戦略 $i$ をとるプレイヤーの集団中に占める頻度である。

本研究は、以上の伝達様式の単独効果と交互作用が、選好と行動の頻度の時間変化にどのような影響を与えるのかを調べた。プレイヤーが持つ選好や行動は0 か1 の2つしかないと仮定した。したがって、考えられる個人の選好-行動の組み合わせは0-0、0-1、1-0、1-1の4種類ということになる。

## 4. 結果

分析の結果、(1)全ての個人が同じ選好を持ち、同じ行動を採っている(全員0-0 か全員1-1)、(2)全ての個人が同じ選好と行動を採るが、選好と行動が一貫していない(全員

表1 安定平衡点の類型

	-	Ho-BB	Ho-AA	Ho-AB	Ho-BA
-	(1)	(1)	(1)(2)	(1)(3)(4)	(1)
Ob-BB	(1)	(1)(3)(4)	(1)(2)	(1)(3)(4)	(1)(4)

0-1 か全員1-0)、(3)全ての個人が同じ選好を持つが、複数の行動が観察される(0-0 と0-1 が

共存するか、1-1 と1-0 が共存する)、(4)選好と行動の全ての組み合わせが共存するという4つの社会状態(安定平衡点)が伝達の種類に応じて生じることが分かった。(1)は、選好と行動とが常に一致すると想定した調整ゲームの進化ダイナミクスと同様の帰結である。その一方で、(2)~(4)は、通常の進化ゲーム理論からは予測できない結果である。表1は、行がどのような斜行伝達が生じたのか(1行目は斜行伝達が生じないことを示している)、列はどのような水平伝達が生じたのかを表し(1行目は水平伝達が生じないことを示している)、それらの組み合わせがどのような安定平衡点をもたらしたのかをまとめたものである。

このうちまず注目すべきは、AAという伝達様式は状態(2)を、ABは状態(3)を生じさせている点である。このことから、他者の選好に関する情報が社会に流通することが選好と行動の乖離を生じさせる要因となっていることが示唆される。ただし、他者の選好を情報源としないOb-BBやHo-BBはそれ単体では状態(1)しか生じさせないが両者が組み合わせることで選好と行動の乖離を生じさせ得ることがわかる。ここから、斜行伝達も無視できない要因ということが出来る。以下、それぞれが生じるメカニズムについて簡単に説明する。

#### 4.1 状態(3)について

状態(3)は、0-0と0-1の共存のように、全ての個人が同じ選好を持つが、複数の行動が観察される状態である。まず、0-1が集団の大多数を占めている状態を仮定する。その場合、選好と行動が乖離していたとしても、行動1をとり続けていた方が調整ゲームで高い利得を得られるため、行動を0に変更するインセンティブはない。しかし、Ho-ABは、他者の選好に影響を受け行動を変更するため、仮に集団中に0-1しかいなくても、行動1が選好0からの影響によって変更され、0-0という戦略が発生することになる。Sekiguchi and Nakamaru (under review)は、このような作用をautocatalysis(自己触媒作用)と名付けている。状態(3)は、調整ゲームによる選択圧と、Ho-ABによるautocatalysisの強さが拮抗するときに発生する。

#### 4.2 状態(2)について

状態(2)は、1-0のように、全ての個人が同じ選好と行動を採るが、選好と行動が一貫していない状態である。これは、垂直伝達により0-0に向かう選択圧に対抗できるくらい、Ho-AAによって選好1が伝播するときに生じる。一方、Ho-BAは、仮に集団全員が1-0だったとしても、選好1が行動0からの影響で変更され0-0という戦略が発生するため(これもautocatalysisである)、垂直伝達に拮抗する作用を生みだすことができない。したがって、Ho-AAだけが状態(2)を生じさせることになる。

#### 4.3 斜行伝達の効果について

Ho-BBだけでは、選好と行動が乖離した戦略が残ることはないが、Ob-BBとHo-BBとを組み合わせると状態(3)や(4)が生じることがある。仮にHo-BBを2回繰り返したとしても、そのような状態が生じることはない。このことは、斜行伝達が固有の効果を有していること

を意味する。選択がかかる前の世代の頻度に影響を受けるという斜行伝達特有の効果が十分に働くと、単一の戦略が集団を占める状態へ収束することを抑える場合があるからだと考えられる。

## 5. 結論

以上の結果から、選好と行動の乖離は調整ゲームのダイナミクスでは描けないが、選好と行動の相互作用や、斜行伝達のような世代間の相互作用を取り入れることで記述できることが分かった。通常、進化ゲーム理論的モデルではそれらが捨象されることがほとんどであるが、この結果より、選好と行動の乖離という現象を分析するにあたって、他者の選好に関する情報の流通や、世代の異なる個人からの社会的影響は無視できない要素であるといえよう。

Centola et al. (2005)は、信念(本稿の文脈では選好)が多様である一方で行動が斉一である状態が格子モデルにおいて生じることを個体ベースシミュレーションによって示した。彼らのモデルと本稿のモデルでは設定に違いがあるため、単純な比較はできないが、本研究は、これとは異なるタイプの平衡状態が生じる条件を、ネットワーク構造を仮定しないモデルにおいて発見したという意味において新規性があるといえるだろう。

本研究の枠組みは、各伝達経路の純粋な単独効果を抽出できるため、実証研究の際に観測された社会状態の主要因を知るための指針となることが期待できる。

## 参考文献

- Cavalli-Sforza, L.L., Feldman, M.W., 1981, Cultural Transmission and Evolution: A Quantitative Approach. Princeton University Press, Princeton.
- Centola, D., Willer, R., Macy, M., 2005, "The Emperor's Dilemma: A Computational Model of Self-Enforcing norms". *American Journal of Sociology* 110 (4): 1009-1040.
- Sekiguchi, T., Nakamaru, M., (under review), "How inconsistency between attitude and behavior persists through cultural transmission".